

**NASKAH PUBLIKASI
TUGAS AKHIR**

**ANALISA KEKUATAN POROS KOMPOSIT *POLYESTER* SERAT
BATANG PISANG YANG DISUSUN SIMETRI $20^0, 40^0, 60^0$ TERHADAP
PENGUJIAN PUNTIR**



Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata Satu
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh:

AGUS WAHYUDI IRIANTO

D.200.10.0039

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2016

HALAMAN PENGESAHAN
NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Naskah Publikasi yang berjudul **“ANALISA KEKUATAN POROS KOMPOSIT POLYESTER SERAT BATANG PISANG YANG DISUSUN SIMETRI $20^{\circ}, 40^{\circ}, 60^{\circ}$ TERHADAP PENGUJIAN PUNTIR”**, telah disetujui dan disahkan oleh Pembimbing Tugas Akhir sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan Oleh :

Nama : **AGUS WAHYUDI IRIANTO**


NIM : **D 200.10.0039**

Disetujui Pada :

Hari : *Rabu*

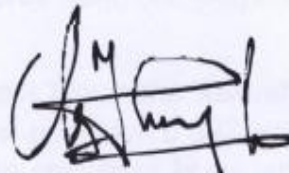
Tanggal : *13 Januari 2016*

Pembimbing Utama,



Ir. Ngafwan, MT.

Pembimbing Pendamping,



Ir. Agus Hariyanto, MT.

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Tri Widodo Besar R., ST., M.Sc., Ph.D.

ANALISA KEKUATAN POROS KOMPOSIT *POLYESTER* SERAT BATANG PISANG YANG DISUSUN SIMETRI 20⁰,40⁰,60⁰ TERHADAP PENGUJIAN PUNTIR

Agus Wahyudi Irianto, Ngafwan, Agus Hariyanto
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Surakarta
Email : aguswahyudiirianto@gmail.com

ABSTRAKSI

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendiskripsikan kekuatan poros komposit serat batang pisang bermatrik polyester terhadap pengujian puntir dan mendiskripsikan foto makro patahan setelah pengujian puntir

Proses awal pengelupasan kulit batang pisang dengan panjang 1m dikupas 4 lapis dari kulit luar, dilanjutkan proses pengepresan dan perendaman pelepah batang pisang selama 1 bulan. Setelah itu proses pemilihan serat helai demi helai menggunakan air bersih. Penjemuran serat di bawah sinar matahari sampai kering selanjutnya proses perendaman dengan kalium permanganate (KMnO_4) 2% per 1 liter aquadest dalam waktu perendaman 2 jam. Pengeringan dilakukan pada temperatur ruang dilanjutkan proses oven pada temperatur 35 °C selama 1 jam hingga kadar air 10 %. Metode hand lay-up digunakan dalam pembuatan komposit dengan arah serat 20⁰/-20⁰, 40⁰/-40⁰ dan 60⁰/-60⁰ dan menggunakan resin polyester seri 157 BQTN terhadap pengujian puntir. Pengujian ini digunakan untuk mendiskripsikan kekuatan puntir dan mengamati foto makro patahan poros komposit polyester serat batang pisang.

Hasil pengujian dapat disimpulkan terjadi fenomena kekuatan puntir paling tinggi pada orientasi sudut uji 40⁰ yaitu kekuatan puntirnya 0.503 kg/mm². Pada hasil foto makro terlihat struktur patahan pada setiap spesimen komposit tidak beraturan dan bergelombang, hal ini disebabkan karena komposit mempunyai sifat liat. void yang ada akan mengalami pull-out fiber yang sangat mendominasi kekuatan puntir akan menurun.

Kata kunci : Serat Batang Pohon Pisang, Resin *Polyester*, Poros Komposit

SHAFT STRENGTH ANALYSIS OF COMPOSITE POLYESTER FIBER TRUNK OF THE BANANA PREPARED FOR TESTING TORSIONAL SYMMETRY 20⁰,40⁰,60⁰

Agus Wahyudi Irianto, Ngafwan, Agus Hariyanto

Mechanical Engineering University of Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Surakarta

Email : aguswahyudiirianto@gmail.com

ABSTRACTION

The purpose of this study was to describe the power of banana stem fiber composite shaft bermatrik polyester against torsion testing and describing the macro image torsional fracture after testing.

The initial process of peeling bark peeled banana with a 1m length of 4 layers of outer skin, prose continued pressing and soaking midrib banana stems for 1 bulan. Setelah the electoral process the fiber strand by strand using clean water. Drying the fiber in the sun to dry subsequent immersion process with potassium permangate (KMnO₄) 2% per 1 liter of distilled water in a 2-hour soaking time. Drying is performed at room temperature followed the oven at 35 0C for 1 jam hingga water content of 10%. Hand lay-up methods are used in the manufacture of composites with fiber direction 200 / -200, 400 / -400 and 600 / -600 and 157 series using polyester resin BQTN against puntir. Pengujian testing is used to describe the torsional strength and observe macro photos shaft fracture polyester composite fiber banana stems.

The test results can be concluded phenomenon highest torsional strength at the angular orientation of test 400 that is the power puntirnya 0503 kg / mm². On the results of the macro image visible fault structure on each composite specimen irregular and bumpy, this is caused because the composite has liat. void existing properties will experience a pull-out fiber which dominates the torsional strength will decrease.

Keywords: Banana Tree Trunk Fiber, Polyester Resin, Composite Shafts

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Poros yang berbahan komposit serat batang pisang adalah poros yang dibuat dari komposit berpenguat serat batang pisang dan bermatrik polyester 157 BQTN. Untuk mengetahui kekuatan poros komposit terhadap beban puntir dilakukan pengujian puntir.

Serat alam yang dipilih dalam pembuatan poros komposit adalah serat batang pisang jenis kepok (*musa acuminata balbisiana colla*). Selain ketersediannya yang melimpah di alam, serat ini juga tidak mencemari lingkungan dan mudah diperbarui. Sedangkan matrik yang digunakan adalah matrik polyester BQTN157, matrik jenis ini mudah didapat serta mudah dikombinasikan dengan serat alam juga dapat digunakan pada proses *hand lay-up*

Dalam proses pembuatan poros komposit berbahan serat batang pisang, pengambilan serat dilakukan pada pelepah batang pisang lapisan ketiga dan keempat. Agar serat batang pisang dan matriks dapat terikat dengan baik, kadar air dalam serat perlu diturunkan hingga mencapai 8-12%. Pengurangan kadar air ini dapat dilakukan dengan proses pengeringan serat menggunakan oven pada suhu 35° dalam waktu 1 jam. Selanjutnya untuk mendapatkan serat batang pisang yang kuat serta memiliki kekasaran permukaan yang tinggi. Serat perlu mendapatkan *treatment* perendaman dengan menggunakan larutan Kalium permanganate ($KMnO_4$).

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan data tentang kemampuan mekanis berupa kekuatan puntir menggunakan alat uji Torsee AT-6 serta mengetahui dan

mengamati patahan dengan uji foto makro.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kekuatan puntir poros komposit *polyester* serat batang pisang yang disusun dengan orientasi sudut 20°/-20°, 40°/-40° dan 60°/-60°.
2. Untuk mengamati foto makro hasil patahan poros komposit *polyester* yang disusun dengan orientasi sudut 20°/-20°, 40°/-40° dan 60°/-60°

Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah diatas, penelitian ini berkonsentrasi pada:

1. Serat alam yang digunakan adalah serat batang pisang kepok.
2. Perlakuan perendaman serat dengan kalium permanganate ($KMnO_4$).
3. Proses pembuatan poros komposit serat batang pisang menggunakan metode *hand lay-up* sebanyak dua lapis dengan orientasi sudut serat 20°/-20°, 40°/-40° dan 60°/-60°.
4. Pengujian kekuatan poros komposit serat batang pisang terhadap pengujian puntir.
5. Pengamatan patahan serat dilakukan dengan cara foto makro

Tinjauan Pustaka

Rochardjo, H.S.B. dkk (2004)
Dari hasil pengujian kekuatan puntir optimum poros komposit berlapis dengan susunan lapisan simetris menggunakan alat uji puntir Torsee AT-6 terjadi pada orientasi serat 45°/-45°, sebesar 6,04 kg/mm² dan kekuatan puntir poros komposit dengan lapisan simetris sangat dipengaruhi oleh kekuatan geser

bidang 1-2, sedangkan kekuatan tarik transversal dan longitudinal juga berpengaruh meskipun tidak sebesar kekuatan geser bidang 1-2. Bahan yang digunakan adalah *fiber glass* dan matriksnya resin *epoxy* dengan metode pembuatan komposit *filament winding* yaitu menggulung serat pada *core* poros yang kemudian di cor dengan resin.

Bentuk spesimen dan pengujian pada penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian diatas. Akan tetapi pada penelitian ini tidak menggunakan bahan yang sama dalam proses pembuatan spesimen. Berdasarkan penelitian di atas penelitian ini akan mengkaji kekuatan poros komposit serat batang pohon pisang yang disusun simetri $20^0/-20^0$, $40^0/-40^0$, $60^0/-60^0$ terhadap pengujian puntir.

Landasan Teori

Komposit

Komposit dalam lingkup ilmu material adalah gabungan dua buah material atau lebih yang digabung pada skala makroskopis untuk membentuk material baru yang lebih bermanfaat, ini berbeda dengan *alloy*/paduan yang digabung secara mikroskopis. Pada material komposit sifat unsur pendukungnya masih terlihat dengan jelas, sedangkan pada *alloy*/paduan sudah tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya (Jones, 1975).

Klasifikasi Material Komposit

Klasifikasi material komposit dikelompokkan menjadi komposit serat (*Fibrous Composites*), komposit lapis (*Laminate Composites*), komposit

partikel (*Particulate Composites*). (Jones, 1975)

a. Komposit serat (*Fibrous Composites*)

Komposit serat adalah composite yang terdiri dari *fiber* di dalam matrik. Secara alami serat yang panjang mempunyai kekakuan yang lebih dibanding yang berbentuk curah (*bulk*). Serat panjang mempunyai struktur yang lebih sempurna karena struktur kristal tersusun sepanjang sumbu serat dan cacat internal pada serat lebih sedikit dari pada material dalam bentuk curah. Bahan pengikat atau penyatu serat dalam material komposit disebut matrik. Matriks berfungsi sebagai pelindung, pendukung, transfer beban dan perekat serat. Matrik dapat berbentuk polimer, logam, karbon, maupun keramik.

Serat merupakan material yang mempunyai perbandingan panjang terhadap diameter sangat tinggi serta diameternya berukuran mendekati kristal. Serat juga mempunyai perbandingan kekuatan dan kekakuan terhadap densitas yang besar.

Sedangkan mengenai penataan arah serat dimana dimaksudkan untuk mengoptimalkan kekuatan bahan terdapat tiga macam penataan arah serat yang umum, yang dikenal dengan istilah sistim penguatan serat, yaitu:

b. Komposit Lapis (*Laminate Composites*)

Lamina adalah satu lapis plat dari *unirectional* fiber atau *woven fabrics* dalam matrik dengan tebal umumnya 0,125 inch. sedangkan komposit lapis (*laminates composites*) adalah komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu yang disusun dengan

berbagai orientasi yang berbeda terdiri dari sekurang-kurangnya dua material berbeda yang direkatkan bersama-sama, macam-macam dari laminasi:

1. Laminasi simetri adalah laminasi yang memiliki karakteristik setiap lapis memiliki cerminan pada jarak yang sama dari *midplate* terhadap *midplate* dan tidak ada *coupling* antar gaya-gaya normal dan momen tekuk dengan deformasi normal/geser.
2. Laminasi asimetri adalah laminasi yang memiliki layer-layer yang disusun dengan orientasi masing-masing (+) dan (-) cenderung bebas dari arah prinsipalnya. Sehingga memiliki kekuatan penerus dari serat.
3. Laminasi antisimetri adalah laminasi yang memiliki susunan orientasi berkebalikan terhadap *midplatenya*.

Penguat Serat Pisang Kepok

Penguat serat dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan penguat pembentuknya.

Komposisi kimia serat alam antara lain *selulosa*, *lignin*, *hemiselulosa* dan abu dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Resin Thermoset Jenis Polyester

Matriks (*resin*) dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik.

Matrik *polyester* paling banyak digunakan terutama untuk aplikasi konstruksi ringan. Selain harganya murah, resin ini mempunyai karakteristik yang khas yaitu dapat diwarnai, transparan, dapat dibuat

kaku dan fleksibel, tahan air, tahan cuaca dan bahan kimia. *Polyester* dapat digunakan pada suhu kerja mencapai 79 °C atau lebih tinggi tergantung partikel resin dan keperluannya (Schwartz, 1984).

Matrik Polyester 157 BQTN

Matrik dalam bahan komposit berperan sebagai pengikat penguat, bagian sekunder yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan matrik pembentuknya. Adapun fungsi sekunder dari matrik adalah :

- a. Sebagai pendukung beban.
- b. Memberikan sifat-sifat lain dalam komposit.
- c. Memberikan insulasi kelistrikan pada komposit, tetapi ini tergantung dari matrik yang digunakan.

Fungsi matriks adalah sebagai pengikat serat, pelindung, transfer beban, dan pendukung serat. Pada Komposit Serat (*Fibrous Composite*) matriks yang digunakan adalah resin (plastik yang berfasa cair). Matriks harus memiliki perpanjangan saat patah yang lebih besar dibanding perpanjangan saat patah serat. Selain itu matriks juga harus mampu berdeformasi seperlunya sehingga beban dapat diteruskan antar serat.

Keuntungan lain dari matrik *polyester* 157 BQTN adalah mudah dikombinasikan dengan serat dan dapat digunakan untuk semua bentuk penguatan plastik. Matrik *Unsaturated Polyester Resin* merupakan jenis resin termoset, biasa digunakan pada proses *hand lay up*

Tabel 1. Karakteristik *Unsaturated Polyester Resin 157 BQTN-EX*

Item	Satuan	Nilai Tipikal	Catatan
Berat Jenis	gr/cm ³	1,4	25 °C
kekerasan	-	40	Barcol GYZJ 934-1
Suhu distorsi panas	°C	70	
Penyerapan air (suhu ruang)	%	0,188	24 jam
	%	0,446	7 hari
Kekuatan fleksural	Kg/m ²	9,4	
Modulus fleksural	Kg/m ²	300	
Kekuatan Tarik	Kg/m ²	5,8	
Modulus elastisitas	Kg/m ²	300	
Elongasi	%	2,4	

(PT. Justus kimia raya 2001).

Bahan Tambahan

Katalis *Metil Etil Keton Peroksida* (MEKPO) adalah bahan pengeras untuk jenis resin *polyester*. Penambahan katalis dalam jumlah banyak akan menimbulkan panas yang berlebihan pada saat proses *curing*. Hal ini dapat menurunkan kualitas atau merusak produk komposit. Oleh karena itu pemakaian *hardener* dibatasi maksimum 1% sampai 2% dari volume resin (PT. Justus Kimia Raya, 2001).

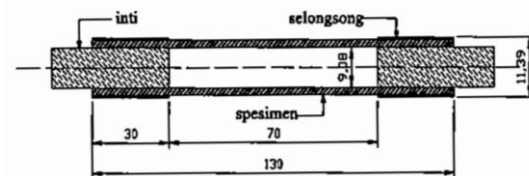
Perlakuan KMnO₄

Pada komposit polimer berpenguat serat alam sifat antar muka matriks dan serat perlu diperhatikan. Hal ini berkaitan dengan kompatibilitas antara serat dengan matriks dan sifat *hydrophilic* serat. Alkalisasi adalah salah satu cara modifikasi serat alam untuk meningkatkan kompatibilitas antara matriks dengan serat. Dengan berkurangnya hemiselulosa, *lignin* atau *pectin* serat, akan meningkatkan kekasaran permukaan yang menghasilkan *mechanical interlocking*

yang lebih baik antara serat dengan matriks dan juga dengan proses perendaman akan membuat pori-pori disekitar permukaan serat.

Pengujian Puntir

Uji puntir dilakukan untuk mengetahui sifat geseran pada material. Uji puntir biasanya diperlukan untuk komponen yang beban utamanya adalah beban puntir. Standart dimensi untuk spesimen uji puntir dari bahan komposit diperkuat serat alam tidak ada sehingga dimensi spesimen uji puntir ditentukan sendiri sebagai berikut.



Gambar 1. Spesimen Uji Puntir

Dari pengujian puntir menggunakan mesin uji didapatkan keluaran berupa torsi dan sudut. Tegangan geser, regangan geser dan modulus geser dapat dihitung dengan persamaan berikut:

- Regangan geser

$$\gamma = \frac{\theta \cdot r_m}{L_u}$$

Dimana:

γ = Regangan geser

θ = Sudut puntir (°)

r_m = rerata jari-jari spesimen uji (mm)

L_u = Panjang spesimen uji (mm)

- Tegangan Geser

$$\tau_{xy} = \frac{T}{2 \cdot A_{rm} \cdot t}$$

Dimana

τ_{xy} = Tegangan geser
(kg/mm²)

T = Torsi

Arm = Luasan penampang
spesimen uji (mm²)

t = Tebal dinding
spesimen (mm)

- Modulus Geser

$$G = \tau / \gamma$$

Dimana

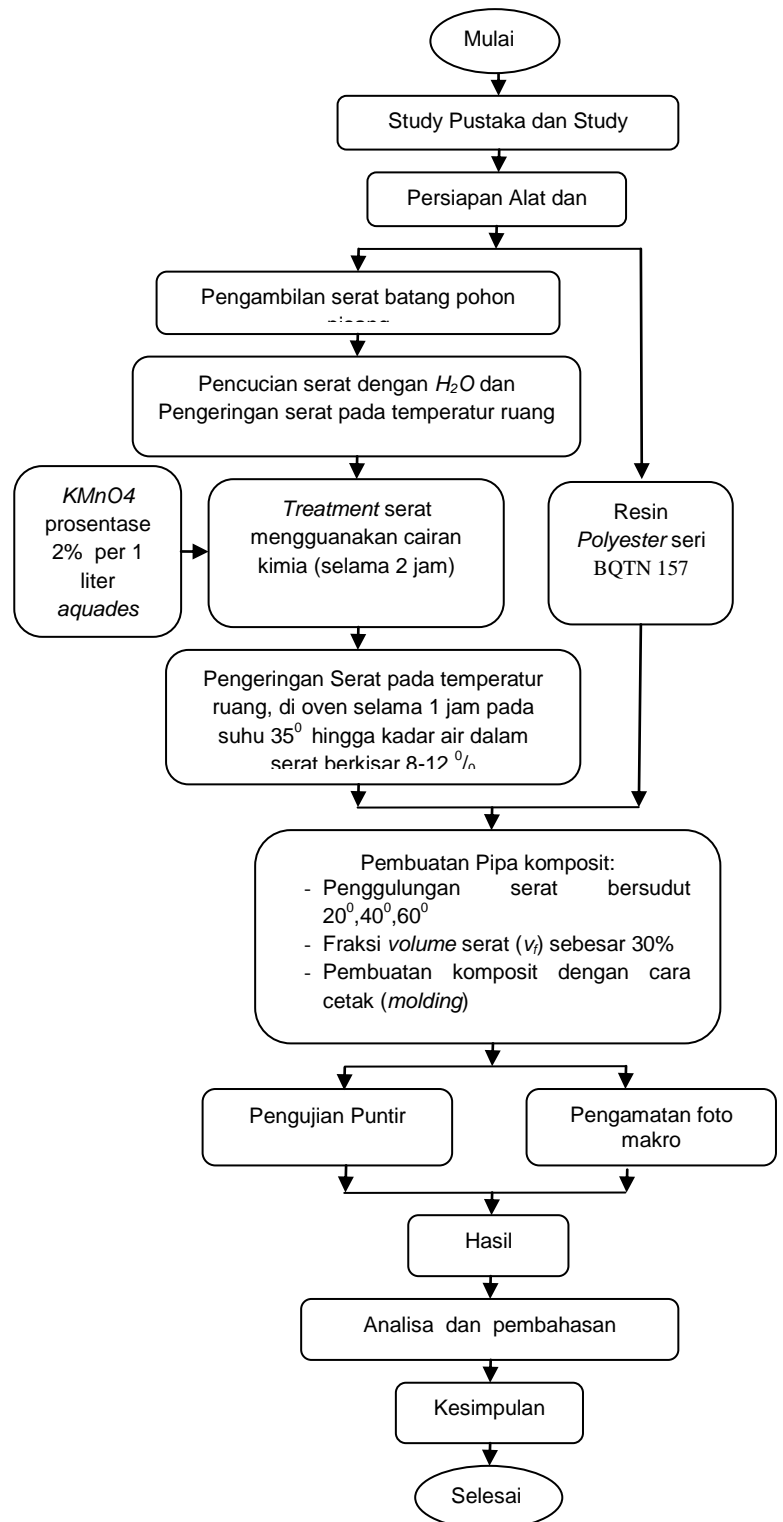
G = Modulus Geser
(kg/mm²)

τ = Tegangan geser
(kg/mm²)

γ = Regangan geser

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan antara lain:

1. Serat Batang Pohon Pisang
2. Resin Dan Katalis
3. Kalium permanganate ($KMnO_4$)
4. Aquadest

Alat Yang Digunakan

Alat yang digunakan antara lain:

1. Alat Roll
2. Alat Penggulung
3. Timbangan Digital
4. Cetakan
5. Jangka Sorong
6. Thermometer
7. Chuck / Pencekam

Instalasi Pengujian

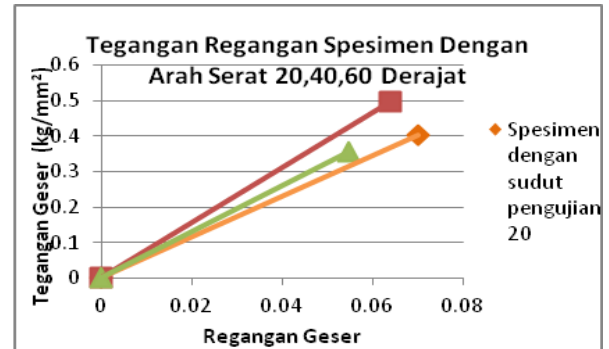
1. Universal Testing Machine merk Torsee AT-6
2. Dino Lite seri AM7013MZT

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengujian Puntir:

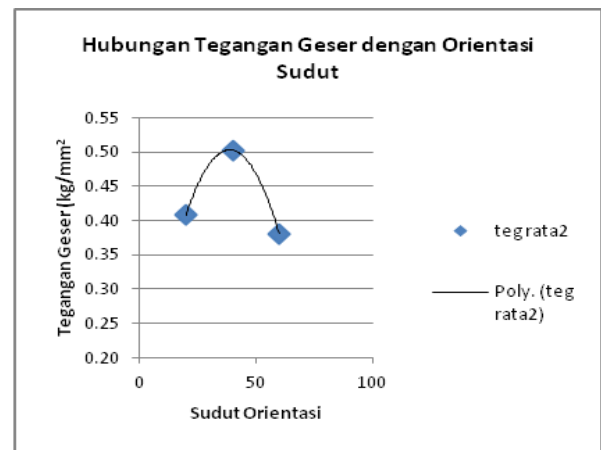
Tabel 2. Pengolahan Data Pengujian Puntir

Sudut Serat	Torsi (kg.m)	Regangan	Tegangan Geser (kg/mm^2)	Modulus Geser (kg/mm^2)
20	0,55	0,051	0,465	9,150
	0,5	0,044	0,423	9,579
	0,46	0,106	0,389	3,681
	0,4	0,080	0,338	4,215
	0,5	0,054	0,423	7,902
40	0,59	0,111	0,499	4,494
	0,72	0,059	0,609	10,345
	0,56	0,048	0,474	9,834
	0,57	0,048	0,482	10,010
	0,53	0,054	0,448	8,377
60	0,21	0,056	0,178	3,161
	0,54	0,050	0,457	9,227
	0,4	0,060	0,338	5,619
	0,6	0,062	0,508	8,246
	0,5	0,054	0,423	7,902



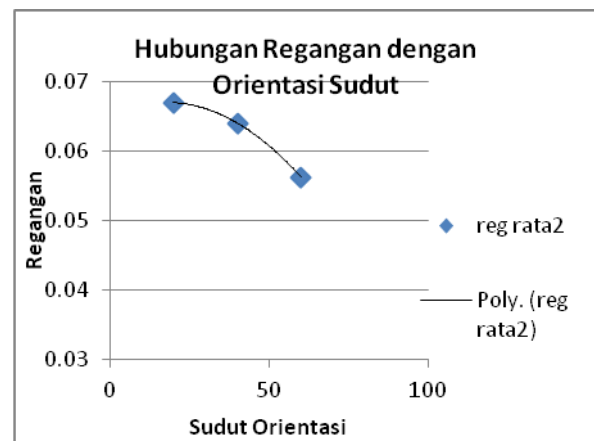
Gambar 19. Grafik Hubungan Antara Tegangan Dengan Regangan

a. Grafik Hubungan Antara Tegangan Dengan Sudut Puntir



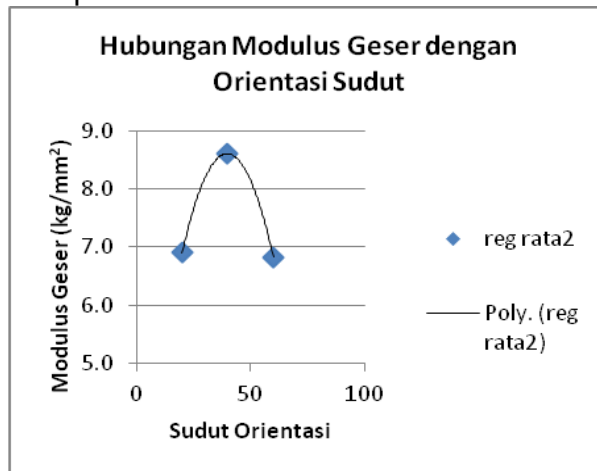
Gambar 20. Grafik Hubungan Antara Tegangan Geser Dengan Orientasi Sudut Puntir

b. Grafik Hubungan Antara Regangan Dengan Sudut Puntir



Gambar 21. Grafik Hubungan Antara Regangan Geser Dengan Orientasi Sudut Puntir

c. Modulus Elastisitas Spesimen Komposit



Gambar 22. Grafik Hubungan Modulus Geser Dengan Orientasi Sudut Puntir

Pembahasan Pengujian Puntir

- Grafik Hubungan Antara Tegangan Dengan Sudut Puntir

Dari hasil penelitian diketahui bahwasanya rata-rata kekuatan puntir untuk sudut orientasi serat 20^0 adalah sebesar 0.408 kg/mm^2 , sudut orientasi serat 40^0 adalah sebesar 0.503 kg/mm^2 dan sudut orientasi serat 60^0 adalah sebesar 0.381 kg/mm^2 . Sehingga sudut orientasi serat terbaik dengan kekuatan puntir optimum adalah pada sudut orientasi serat 40^0 .

- Grafik Hubungan Antara Regangan Dengan Sudut Puntir

Dari hasil penelitian diketahui nilai regangan tertinggi untuk sudut orientasi serat 20^0 adalah sebesar 0.067 kemudian orientasi serat 40^0 adalah sebesar 0.064 dan nilai terendah pada sudut orientasi serat 60^0 adalah sebesar 0.056.

- Modulus Elastisitas Spesimen Komposit

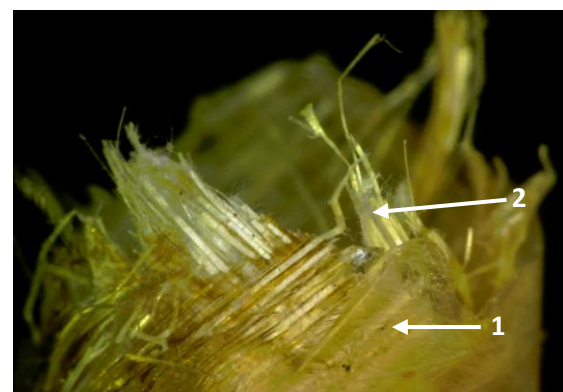
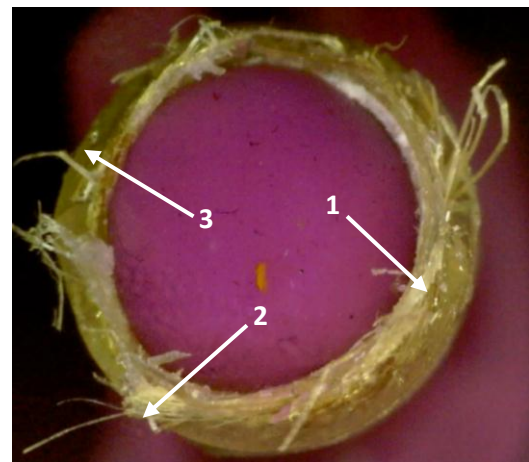
Modulus elastisitas menunjukkan kekakuan (*stiffness*) atau ketahanan terhadap deformasi elastis. Semakin besar modulus elastisitas maka bahan

semakin kaku. Nilai modulus elastisitas tertinggi pada sudut orientasi serat 40^0 sebesar 8.612 kg/mm^2 .

Foto Makro Patahan

Setelah dilakukan pengujian puntir dilanjutkan pengamatan foto makro yang berupa hasil patahan spesimen komposit.

Berikut hasil foto makro dengan patahan poros komposit:

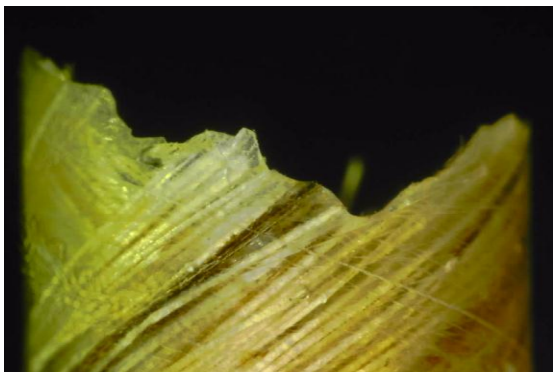
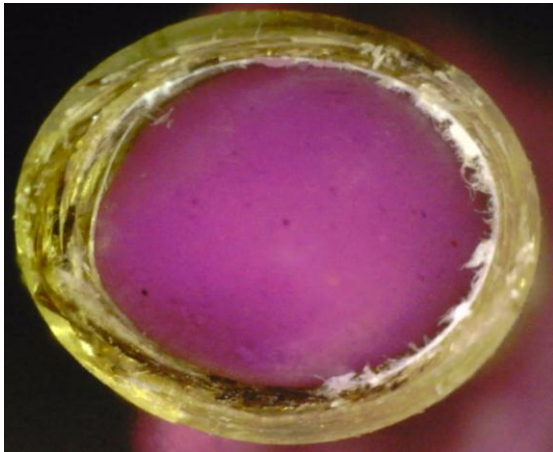


Gambar 23. Foto Makro Patahan Perbesaran 50 Kali Pada Spesimen Komposit Dengan Sudut Orientasi Serat 20^0

Keterangan penomoran:

1. Resin polyester
2. Pull-out fiber

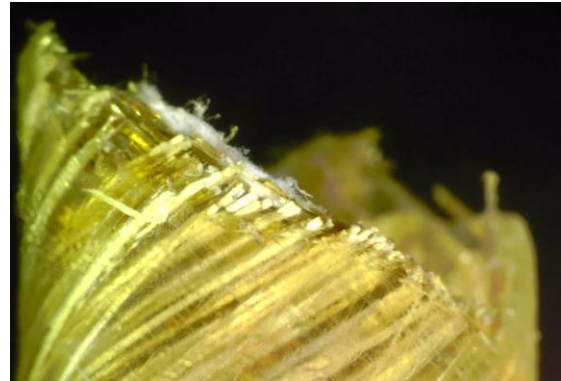
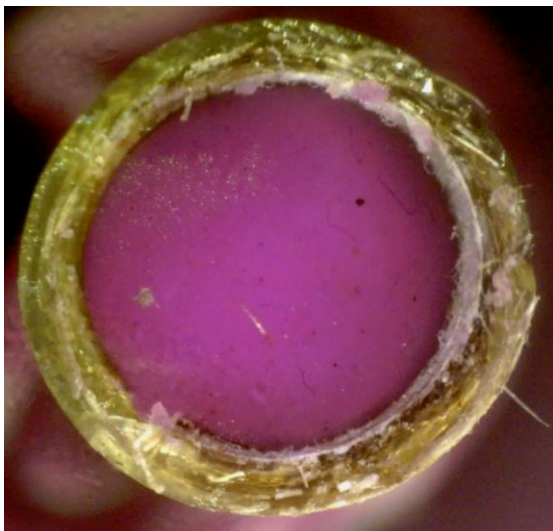
3. Void (Lubang Udara)



Gambar 24. Foto Makro Patahan Perbesaran 50 Kali Pada Spesimen Komposit Dengan Sudut Orientasi Serat 60^0

Keterangan penomoran:

1. Resin polyester
2. *Pull-out fiber*
3. Void (Lubang Udara)



Gambar 25. Foto Makro Patahan Perbesaran 50 Kali Pada Spesimen Komposit Dengan Sudut Orientasi Serat 40^0

Keterangan penomoran:

1. Resin polyester
2. *Pull-out fiber*
3. Void (Lubang Udara)

Pembahasan Foto Makro

Gambar 23. Spesimen komposit dengan sudut orientasi serat 20^0 terlihat banyak *pull-out fiber* yang panjang diakibatkan kekuatan matrik menurun. *Pull-out fiber* adalah serat keluar dari patahan komposit yang disebabkan ikatan antara matrik dengan serat tidak berlangsung secara sempurna.

Gambar 24. Spesimen komposit dengan sudut orientasi serat 60^0 terlihat patahan matrik yang mendominasi dan *pull-out fiber* yang sangat sedikit, yang mengakibatkan kekuatan puntir menurun.

Gambar 25. Spesimen komposit dengan sudut orientasi serat 40^0 terlihat patahan *pull-out fiber* dan matrik yang merata sehingga pada susunan serat 40^0 memiliki kekuatan puntir tertinggi karena pada kasus ini proses pengikatan antara serat dengan resin (*bonding*) sangat baik, pada saat pengujian tarik transfer

kekuatan antara resin dengan serat terdistribusi merata

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisa, pengujian komposit dan pembahasan data yang diperoleh, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu:.

1. Kekuatan puntir optimum dari poros komposit lapis didapat pada orientasi sudut serat 40^0 sebesar $0,503 \text{ Kg/mm}^2$, pada orientasi sudut serat 20^0 sebesar $0,408 \text{ Kg/mm}^2$, pada orientasi sudut serat 60^0 sebesar $0,381 \text{ Kg/mm}^2$
2. Dari hasil foto makro dapat disimpulkan bahwasanya pada sudut 40^0 pull out fiber dan matrik merata, sehingga pada sudut ini memiliki kekuatan puntir tertinggi, karena proses pengikatan serat dan resin sangat baik

Saran

Dari hasil pengujian yang telah dibahas dengan berbagai kekurangannya maka saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Untuk meminimalkan adanya void yang tidak dikehendaki pada spesimen benda uji dapat dilakukan beberapa cara sebagai berikut:
 - Pada saat proses pencampuran resin dan katalis yang menyebabkan banyak terjadi udara yang terjebak dalam campuran tersebut, dapat diminimalkan dengan mengeluarkan udara yang terjebak dengan cara membiarkan gelembung naik ke permukaan kemudian memecah gelembung udara tersebut dengan jarum.

- Pada saat pengulungan serat pada core, penarikan serat diperkuat untuk meminimalkan terjadinya udara yang terjebak pada proses tersebut.

2. Untuk mendapatkan hasil pengujian kekuatan puntir poros komposit yang baik sebaiknya digunakan acuan nilai sifat-sifat mekanis bahan penyusun komposit dari pengujian lab, bukan hanya dari spesifikasi bahan pembuat komposit tersebut.
3. untuk mendapatkan nilai kekuatan puntir maksimum poros komposit serat, digunakan orientasi sudut serat 40^0

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, 2000. *Serat Ijuk Sebagai Pengganti Serat Gelas Dalam Pembuatan Komposit Fiberglass*.
- Gibson, R, F, 1994. *Principle of composite material mechanics*, McGraw-Hill, Inc, New York.
- Lokantara, I, P., 2010. *Pengaruh Panjang Serat Pada Temperatur Uji Yang Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Serat Tapis Kelapa*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Udayana, Bali.
- M. M. Schwartz., 1984. *Composite Materials Handbook*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- R. M. Jones., 1975, *Mechanics of Composite Materials*, McGraw-Hill Kogakusha, LTD, Wasingthon D.C.
- Rendy, 2014. *Sifat Fisis Dan Mekanis Akibat Perubahan Temperatur Pada Komposit Polyester Serat Batang Pisang Yang Di-Treatment Menggunakan $KmnO_4$* .
- Rochardjo Heru Santoso B. dan Edi Wiyanto 2004. *Pengujian Puntir Poros Komposit Serat Gelas Berlapis Simetris Dengan Lapisan Bersudut (Angle Ply)*.
- Reza Riyantoko W. 2015, *Analisa Pengujian Tarik Pipa Komposit Serat Batang Pisang Bermatrik Polyester Bqtn 157 Dengan Sudut Serat $65^0/-65^0$ Pada Variasi Temperatur Ruang Uji*.